

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-216963

⑬ Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開~平成3年(1991)9月24日

H 01 M 8/06

R
K

9062-5H
9062-5H

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全10頁)

⑮ 発明の名称 気体分離膜を用いた燃料電池

⑯ 特 願 平2-10554

⑰ 出 願 平2(1990)1月22日

⑱ 発 明 者 西 史 郎 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
⑱ 発 明 者 市 野 敏 弘 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
⑱ 発 明 者 山 本 二 三 男 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
⑲ 代 理 人 弁理士 中 本 宏 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

気体分離膜を用いた燃料電池

2. 特許請求の範囲

1. 燃料ガスをポリイミド製気体分離膜に透過させることにより、ガス中の水素分圧を増加させて燃料電池へ供給する手段を有することを特徴とする燃料電池。
2. 酸化剤ガスをポリイミド製気体分離膜に透過させることにより、ガス中の酸素分圧を増加させて燃料電池へ供給する手段を有することを特徴とする燃料電池。
3. 燃料ガス及び酸化剤ガスを、それぞれポリイミド製気体分離膜に透過させることにより、燃料ガス中の水素及び酸化剤ガス中の酸素の分圧を両方共増加させて燃料電池へ供給する手段を有することを特徴とする燃料電池。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は燃料電池に関し、特に燃料電池に供

給される燃料ガス及び酸化剤ガスに関する。

〔従来の技術〕

従来、燃料電池に供給される燃料ガスは、例えば、リン酸型燃料電池の場合には都市ガスやメタノールなどを改質装置やシフトコンバータを介して水素と二酸化炭素に改質している。このため燃料ガス中の水素濃度は、都市ガスの場合約80%、メタノールの場合約75%であった。この燃料ガスの水素濃度を高める方法として、米国特許3765946号に改質ガス分離器を使用したものがあるが実用的ではなかった。

また、酸化剤ガスでは一般的には空気が使用されていたため、酸素濃度は約20%に過ぎなかった。このため液膜を使って空気中の酸素を精製する方法(米国特許3674022号)や酸素富化膜を利用する方法(特開昭60-23977号)があるがいまだ実用には至っていない。

〔発明が解決しようとする課題〕

そして、燃料電池は高温で反応させるため、

燃料ガスや酸化剤ガスも高温で供給される。例えば、リン酸型電池の場合200℃で反応させるため、ガスも同じ温度で供給される。このため、通常の気体分離膜を用いることができなかった。

本発明の目的は、気体分離膜を用いることにより、燃料電池に供給する燃料ガス中の水素濃度及び酸化剤ガス中の酸素濃度を高めることによって、燃料電池の効率を向上させることにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明を概説すれば、本発明の第1の発明は燃料電池に関する発明であって、燃料ガスをポリイミド製気体分離膜に透過させることにより、ガス中の水素分圧を増加させて燃料電池へ供給する手段を有することを特徴とする。

また、本発明の第2の発明は他の燃料電池に関する発明であって、酸化剤ガスをポリイミド製気体分離膜に透過させることにより、ガス中の酸素分圧を増加させて燃料電池へ供給する手

段を有することを特徴とする。

そして、本発明の第3の発明は他の燃料電池に関する発明であって、燃料ガス及び酸化剤ガスを、それぞれポリイミド製気体分離膜に透過させることにより、燃料ガス中の水素及び酸化剤ガス中の酸素の分圧を両方共増加させて燃料電池へ供給する手段を有することを特徴とする。

本発明は燃料ガス及び酸化剤ガスを燃料電池に供給する直前にポリイミド製気体分離膜を透過させることにより、燃料ガス中の水素濃度及び酸化剤ガス中の酸素濃度を高めることを主要な特徴とする。

従来、燃料ガス中の水素と二酸化炭素を分離することは通常の高分子分離膜では困難であったが、分子構造の緻密なポリイミド膜を用いることにより、水素ガスを選択的に透過することができる。また、水素と一酸化炭素の分離に際してもポリイミド膜の場合、水素を選択的に透過させることができる。更に、酸化剤として、一般的に用いられている空気中の酸素と窒素に

関しても、酸素の透過量の方が窒素の透過量に比べて大きいため、酸素富化性がある。例えば、3, 3', 4, 4'-ビフェニルテトラカルボン二無水物と4, 4'-ジアミノジフェニルエーテルから合成したポリイミドにおける各ガスの透過量と活性化エネルギーは表1のようになる〔膜、第11巻、第48頁(1986)〕。

表1 各ガスの透過量(25℃)

ガス	透 過 量 $10^{-10} \text{ m}^3 (\text{STP}) / \text{m}^2 \text{ s Pa}$	活 性 化 エ ネ ル ギ ー kJ/mol
水 素	38.4	17.6
二酸化炭素	11.1	12.8
一酸化炭素	0.490	23.4
酸 素	1.88	19.6
窒 素	0.236	25.9

また、燃料電池では通常、高温度のガスが供給される。従来の高分子膜では耐熱性に劣っていたため使用が限定されていたが、ポリイミド

は有機材料中で最も耐熱性に優れ、連続使用温度が200度以上可能である。更に、表1の活性化エネルギー値が正値を持つため、温度が上昇すればするほど透過量が増大するという利点がある。その上、水素と二酸化炭素の分離に関しては分離比の向上も可能である。

本発明で用いられるポリイミドは主として酸二無水物とジアミンを反応させることによって得られるが、市販品を用いてもよい。市販品では、デュボンのカプトン®、宇部興産のユービレックス®、三菱化成のノバックス®、日東電工のニトミッド®、鐘淵化学のアピカル®などのポリイミドフィルムが利用できる。また、市販のポリイミドコーティング剤を用いることも可能である。

〔実施例〕

次に本発明を実施例に基づいて具体的に説明する。なお、実施例はリン酸型燃料電池をモデルとしているため、200℃で電気化学反応させているが、リン酸型燃料電池に限定するもの

ではない。なお、第1図～第11図は、本発明の燃料電池の実施例のシステム概略図である。

実施例1

ピロメリット酸二無水物2.18g(0.01モル)と2,2'-ビス(トリフルオロメチル)-4,4'-ジアミノビフェニル3.20g(0.01モル)を100mlの三角フラスコに入れ、N,N-ジメチルアセトアミド50gを加えて、室温で48時間かくはんすることにより、ポリアミック酸溶液を得た。この溶液をシリコンウエハ上でスピンコーティングし、70℃2時間、150℃1時間、250℃1時間、350℃1時間加熱することにより、直径3インチ、厚み34μmのフッ素化ポリイミドフィルムを得た。このフィルムのガス透過特性を調べた結果、表2のようになった。

表2 各ガスの透過量

ガス	透過量(33℃)	透過量(200℃)
	$10^{-10} \text{ m}^3 (\text{STP}) / \text{m}^2 \text{ s Pa}$	$10^{-10} \text{ m}^3 (\text{STP}) / \text{m}^2 \text{ s Pa}$
水素	740	3400
二酸化炭素	230	400
一酸化炭素	12.9	77
酸素	45.3	150
窒素	8.47	50

都市ガスを燃料とする場合、第1図のように気体分離膜をシフトコンバータと燃料電池の間に入れることにより、燃料ガス中の水素濃度を高める。気体分離膜とこのフッ素化ポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約8.5:1となるので透過前の水素濃度79.3%が97.0%に増加することができる。熱力学より電極反応における電流密度Jは反応が理想的で、水素、酸素分圧に対して1次

反応かつ標準電極電位が反応ガス圧より大きく変化しないと仮定すると以下の式で示される(例えば、玉虫伸太著、電気化学、東京化学同人、1967、5、3節参照)。

$$J = nFkCx \exp \left(-\frac{\alpha nF}{RT} (g - g^0) \right)$$

ここで、kは標準状態の速度定数、Cxは反応物濃度、αは正方向への反応のしやすさ、gは陽極あるいは陰極の電極電位、g⁰は陽極あるいは陰極の標準状態の電極電位を示す。すなわち、電流密度は反応物の濃度に比例する。したがって、燃料電池の効率は理想的には22.3%の向上が期待できる。

実施例2

都市ガスを燃料とする場合、第1図のように気体分離膜をシフトコンバータと燃料電池の間に入れることにより、燃料ガス中の水素濃度を高める。気体分離膜として、3,3',4,4'-ビフェニルテトラカルボン酸二無水物と4,4'-ジアミノジフェニルエーテルから合成した

ポリイミドを用いると、表1より200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約7.1:1となるので透過前の水素濃度79.3%が96.6%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には21.8%の向上が期待できる。

実施例3

都市ガスを燃料とする場合、第2図のように気体分離膜を改質装置とシフトコンバータの間に入れることにより、燃料ガス中の水素濃度を高める。気体分離膜として、実施例1と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約44:1となるので透過前の水素濃度79.3%が99.4%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には25.3%の向上が期待できる。

実施例4

都市ガスを燃料とする場合、第2図のように気体分離膜を改質装置とシフトコンバータの間に入れることにより、燃料ガス中の水素濃度を

高める。気体分離膜として、実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約33:1となるので透過前の水素濃度79.3%が99.3%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率理想的には25.2%の向上が期待できる。

実施例5

メタノールを燃料とする場合、第3図のように気体分離膜を改質装置と燃料電池の間に入れることにより、燃料ガス中の水素濃度を高める。気体分離膜として、実施例1と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約8.5:1となるので透過前の水素濃度75%が96.2%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には28.3%の向上が期待できる。

実施例6

メタノールを燃料とする場合、第3図のように気体分離膜を改質装置と燃料電池の間に入れることにより、燃料ガス中の水素濃度を高める。

実施例8

空気を酸化剤ガスとして用いる場合、第4図のように空気を200℃に加熱してから気体分離膜を透過させることにより、酸化剤ガス中の酸素濃度を向上させる。室温で気体分離膜を透過させる場合に比べ、単位時間当りの酸素透過量を増加することができる。気体分離膜として、実施例1と同じポリイミドを用いると、25℃に比べ、200℃では18.6倍の透過量にすることができる。200℃での酸素と窒素の透過量比は3.1:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が45.5%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には118%の向上が期待できる。

実施例9

空気を酸化剤ガスとして用いる場合、第5図のように空気を気体分離膜を透過させて酸化剤ガス中の酸素濃度を向上させた後、加熱して200℃にして燃料電池に供給する。200℃で気体分離膜を透過させる場合に比べ、酸素と

気体分離膜として、実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約7.1:1となるので透過前の水素濃度75%が95.5%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には27.3%の向上が期待できる。

実施例7

空気を酸化剤ガスとして用いる場合、第4図のように空気を200℃に加熱してから気体分離膜を透過させることにより、酸化剤ガス中の酸素濃度を向上させる。室温で気体分離膜を透過させる場合に比べ、単位時間当りの酸素透過量を増加することができる。気体分離膜として、実施例1と同じポリイミドを用いると、25℃に比べ、200℃では3.3倍の透過量にすることができる。200℃での酸素と窒素の透過量比は3:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が44.2%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には111%の向上が期待できる。

窒素の分離比を増加することができる。気体分離膜として、実施例1と同じポリイミドを用いると、33℃での酸素と窒素の透過量比は5.3:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が58.3%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には179%の向上が期待できる。

実施例10

空気を酸化剤ガスとして用いる場合、第5図のように空気を気体分離膜を透過させて酸化剤ガス中の酸素濃度を向上させた後、加熱して200℃にして燃料電池に供給する。200℃で気体分離膜を透過させる場合に比べ、酸素と窒素の分離比を増加することができる。気体分離膜として、実施例2と同じポリイミドを用いると、25℃での酸素と窒素の透過量比は7.1:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が68.1%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には226%の向上が期待できる。

実施例 11

実施例 1 と実施例 7 のシステムを第 6 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例 1 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は 8.5 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 97.0% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は 3 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 44.2% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率理想的には 158% の向上が期待できる。

実施例 12

実施例 2 と実施例 8 のシステムを第 6 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は 7.1 : 1 となるので透過前の

水素濃度 79.3% が 96.6% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は 3.1 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 45.5% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 166% の向上が期待できる。

実施例 13

実施例 1 と実施例 8 のシステムを第 6 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜に実施例 1 と同じポリイミドを、酸化剤ガスの気体分離膜として、実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は 8.5 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 97.0% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は 3.1 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 45.5% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 167% の向上が期待できる。

実施例 14

実施例 2 と実施例 7 のシステムを第 6 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜に実施例 2 と同じポリイミドを、酸化剤ガスの気体分離膜として、実施例 1 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は 7.1 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 96.6% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は 3 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 44.2% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 157% の向上が期待できる。

実施例 15

実施例 1 と実施例 9 のシステムを第 7 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例 1 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化

炭素の透過量比は 8.5 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 97.0% に増加することができる。また、33℃での酸素と窒素の透過量比は 5.3 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 58.3% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 241% の向上が期待できる。

実施例 16

実施例 2 と実施例 10 のシステムを第 7 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約 7.1 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 96.6% に増加することができる。また、25℃での酸素と窒素の透過量比は約 7.1 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 68.1% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 297% の向上が期待できる。

実施例 17

実施例 1 と実施例 10 のシステムを第 7 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例 1 のポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として、実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は 8.5 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 97.0% に増加することができる。また、25℃での酸素と窒素の透過量比は約 7.1 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 68.1% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 299% の向上が期待できる。

実施例 18

実施例 2 と実施例 9 のシステムを第 7 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例 2 のポリ

イミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約 44 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 99.4% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は 3 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 44.2% に増加することができる。

実施例 20

実施例 4 と実施例 8 のシステムを第 8 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約 33 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 99.3% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は約 3.1 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 45.5% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 173% の向上が期待できる。

実施例 21

実施例 3 と実施例 8 のシステムを第 8 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例 1 と同じポ

リイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として、実施例 1 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約 7.1 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 96.6% に増加することができる。また、33℃での酸素と窒素の透過量比は約 5.3 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 58.3% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 240% の向上が期待できる。

実施例 19

実施例 3 と実施例 7 のシステムを第 8 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例 1 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約 44 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 99.4% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は 3 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 44.2% に増加することができる。

リイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約 44 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 99.4% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は約 3.1 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9% が 45.5% に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 173% の向上が期待できる。

実施例 22

実施例 4 と実施例 7 のシステムを第 8 図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例 2 と同じポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例 1 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約 33 : 1 となるので透過前の水素濃度 79.3% が 99.3% に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は 3 : 1 となるので透

過前の酸素濃度20.9%が44.2%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には164%の向上が期待できる。

実施例23

実施例3と実施例9のシステムを第9図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約44:1となるので透過前の水素濃度79.3%が99.4%に増加することができる。また、33℃での酸素と窒素の透過量比は約5.3:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が58.3%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には250%の向上が期待できる。

実施例24

実施例4と実施例10のシステムを第9図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させ

となるので透過前の酸素濃度20.9%が68.1%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には308%の向上が期待できる。

実施例26

実施例4と実施例9のシステムを第9図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約33:1となるので透過前の水素濃度79.3%が99.3%に増加することができる。また、25℃での酸素と窒素の透過量比は約5.3:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が58.3%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には204%の向上が期待できる。

実施例27

実施例5と実施例7のシステムを第10図の

る。各々の気体分離膜として実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約33:1となるので透過前の水素濃度79.3%が99.3%に増加することができる。また、25℃での酸素と窒素の透過量比は約7.1:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が68.1%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には308%の向上が期待できる。

実施例25

実施例3と実施例10のシステムを第9図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と一酸化炭素の透過量比は約44:1となるので透過前の水素濃度79.3%が99.4%に増加することができる。また、25℃での酸素と窒素の透過量比は約7.1:1

ように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は8.5:1となるので透過前の水素濃度75%が96.2%に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は3:1となるので透過前の酸素濃度20.9%が44.2%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には171%の向上が期待できる。

実施例28

実施例6と実施例8のシステムを第10図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約7.1:1となるので透過前の水素濃度75%が95.5%に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透

透過量は約3.1 : 1となるので透過前の酸素濃度20.9%が45.5%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には178%の向上が期待できる。

実施例29

実施例5と実施例8のシステムを第10図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は8.5 : 1となるので透過前の水素濃度75%が96.2%に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は約3.1 : 1となるので透過前の酸素濃度20.9%が45.5%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には180%の向上が期待できる。

実施例30

前の水素濃度75%が96.2%に増加することができる。また、33℃での酸素と窒素の透過量比は約5.3 : 1となるので透過前の酸素濃度20.9%が58.3%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には258%の向上が期待できる。

実施例32

実施例8と実施例10のシステムを第11図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例1と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約7.1 : 1となるので透過前の水素濃度75%が95.5%に増加することができる。また、25℃での酸素と窒素の透過量比は約7.1 : 1となるので透過前の酸素濃度20.9%が68.1%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には315%の向上が期待できる。

実施例33

実施例6と実施例7のシステムを第10図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例2と同じポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約7.1 : 1となるので透過前の水素濃度75%が95.5%に増加することができる。また、200℃での酸素と窒素の透過量比は3 : 1となるので透過前の酸素濃度20.9%が44.2%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には171%の向上が期待できる。

実施例31

実施例5と実施例9のシステムを第11図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。各々の気体分離膜として、実施例1と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は8.5 : 1となるので透過

実施例5と実施例10のシステムを第11図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜として実施例2と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は8.5 : 1となるので透過前の水素濃度75%が96.2%に増加することができる。また、25℃での酸素と窒素の透過量比は約7.1 : 1となるので透過前の酸素濃度20.9%が68.1%に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には318%の向上が期待できる。

実施例34

実施例6と実施例9のシステムを第11図のように組合せることにより、燃料ガス中の水素と酸化剤ガス中の酸素の濃度を両方共増加させる。燃料ガスの気体分離膜として実施例1と同じポリイミドを用い、酸化剤ガスの気体分離膜

として実施例 2 と同じポリイミドを用いると、200℃での水素と二酸化炭素の透過量比は約 7.1 : 1 となるので透過前の水素濃度 7.5 % が 95.5 % に増加することができる。また、33℃での酸素と窒素の透過量比は約 5.3 : 1 となるので透過前の酸素濃度 20.9 % が 58.3 % に増加することができる。したがって、燃料電池の効率は理想的には 255 % の向上が期待できる。

〔発明の効果〕

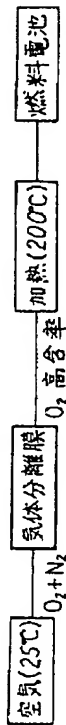
以上説明したように本発明は、気体分離膜を用いることにより燃料ガス中の水素及び酸化剤ガス中の酸素濃度を高めることができるので、燃料電池の効率を向上させることができる。

4. 図面の簡単な説明

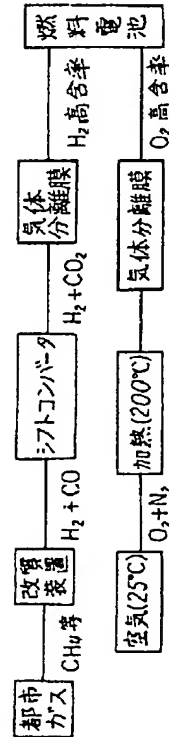
第 1 図～第 11 図は、本発明の燃料電池の実施例のシステム概略図である。



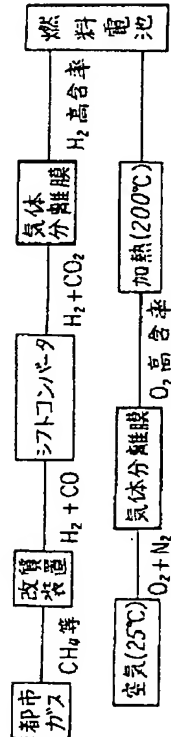
第 4 図



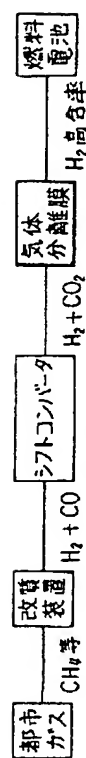
第 5 図



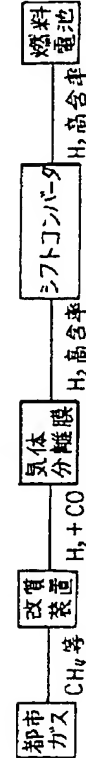
第 6 図



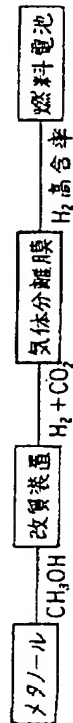
第 7 図



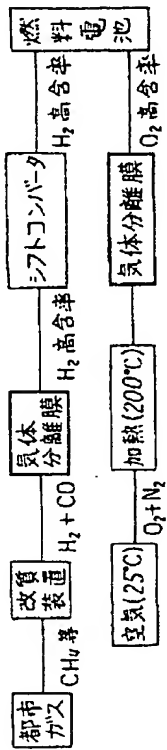
第 1 図



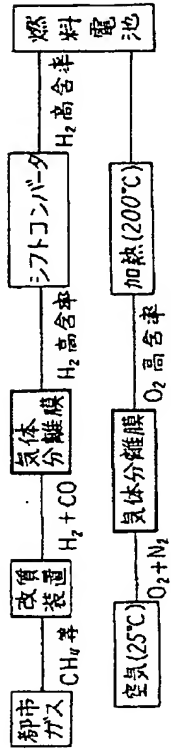
第 2 図



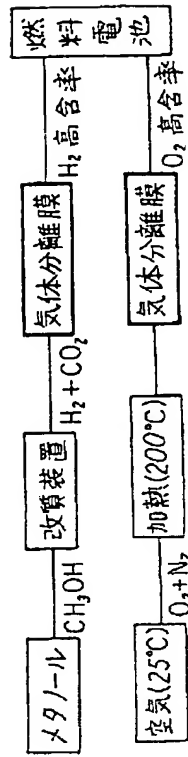
第 3 図



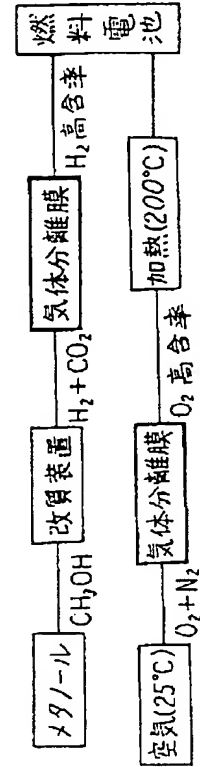
第 8 図



第 9 図



第 10 図



第 11 図